

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Yasusuke IWASHITA, et al.

Application No.: TBA

Group Art Unit: TBA

Filed: March 3, 2004

Examiner: TBA

For: SYNCHRONOUS CONTROL DEVICE

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicants submit herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application Nos. 2003-056922 & 2004-005924

Filed: March 4, 2003 & January 13, 2004

It is respectfully requested that the applicants be given the benefit of the foreign filing dates as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

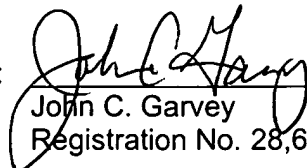
Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date:

3-3-04

By:


John C. Garvey
Registration No. 28,607

1201 New York Ave, N.W., Suite 700
Washington, D.C. 20005
Telephone: (202) 434-1500
Facsimile: (202) 434-1501

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 4 日
Date of Application:

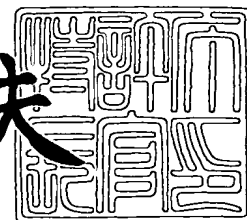
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 5 6 9 2 2
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 5 6 9 2 2]

出 願 人 ファナック株式会社
Applicant(s):

2 0 0 4 年 2 月 1 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 8 8 4 3

【書類名】 特許願

【整理番号】 21654P

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G05D 3/12

【発明者】

 【住所又は居所】 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファ
 ナック株式会社内

 【氏名】 岩下 平輔

【発明者】

 【住所又は居所】 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファ
 ナック株式会社内

 【氏名】 河村 宏之

【発明者】

 【住所又は居所】 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファ
 ナック株式会社内

 【氏名】 湯 志▲イ▼

【特許出願人】

 【識別番号】 390008235

 【氏名又は名称】 ファナック株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100082304

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 竹本 松司

 【電話番号】 03-3502-2578

【選任した代理人】

 【識別番号】 100088351

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 杉山 秀雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100093425

【弁理士】

【氏名又は名称】 湯田 浩一

【選任した代理人】

【識別番号】 100102495

【弁理士】

【氏名又は名称】 魚住 高博

【選任した代理人】

【識別番号】 100101915

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩野入 章夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 015473

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9306857

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 同期制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 上位制御装置あるいは上位制御部から所定サンプリング周期で送られる位置指令と位置検出器からの位置フィードバックとの位置偏差に基づいて所定周期毎に速度指令を出力する位置制御部と、
前記速度指令と速度検出器からの速度フィードバックに基づいて所定周期毎にトルク指令を出力する速度制御部により、サーボモータを駆動制御する制御装置において、
前記制御装置は、同じ制御対象を駆動する 2 つのサーボモータを同期制御し、当該 2 つのサーボモータ間に働く力に基づいて 2 つのサーボモータ間に働く力を減少させる手段を備えることを特徴とするサーボモータの同期制御装置。

【請求項 2】 前記位置制御部は、
前記位置偏差に位置偏差オフセットを加算する手段と、
前記 2 つのサーボモータに働く力に基づいて前記位置偏差オフセットを計算する位置偏差オフセット計算処理部とを、
備えることを特徴とする、請求項 1 に記載の同期制御装置。

【請求項 3】 前記位置偏差オフセット計算処理部は、
前記 2 つのサーボモータに働く力を 2 つのサーボモータに指令されるトルク指令の差分から求め、当該差分に変換係数を乗ずることにより位置偏差オフセットを計算することを特徴とする、請求項 2 に記載の同期制御装置。

【請求項 4】 前記位置偏差オフセット計算処理部は、
前記 2 つのサーボモータに働く力を 2 つのサーボモータに流れる実電流のトルク成分の差分から求め、当該差分に変換係数を乗ずることにより位置偏差オフセットを計算することを特徴とする、請求項 2 に記載の同期制御装置。

【請求項 5】 前記位置偏差オフセット計算処理部は、
位置偏差オフセットが前記位置制御部の周波数帯域より十分に低い周波数で変化させるための調整手段を備えることを特徴とする、請求項 2 乃至 4 のいずれかに記載の同期制御装置。

【請求項 6】 前記位置制御部は、
前記位置指令に位置指令オフセットを加算する手段と、
前記 2 つのサーボモータに働く力に基づいて前記位置指令オフセットを計算する
位置指令オフセット計算処理部とを、
備えることを特徴とする、請求項 1 に記載の同期制御装置。

【請求項 7】 前記位置指令オフセット計算処理部は、
前記 2 つのサーボモータに働く力を 2 つのサーボモータに指令されるトルク指令
の差分から求め、当該差分に変換係数を乗ずることにより位置指令オフセットを
計算することを特徴とする、請求項 6 に記載の同期制御装置。

【請求項 8】 前記位置指令オフセット計算処理部は、
前記 2 つのサーボモータに働く力を 2 つのサーボモータに流れる実電流のトルク
成分の差分から求め、当該差分に変換係数を乗ずることにより位置指令オフセッ
トを計算することを特徴とする、請求項 6 に記載の同期制御装置。

【請求項 9】 前記位置指令オフセット計算処理部は、
位置指令オフセットが前記位置制御部の周波数帯域より十分に低い周波数で変化
させるための調整手段を備えることを特徴とする、請求項 6 乃至 8 のいずれかに
記載の同期制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、数値制御装置（NC 装置）で制御される工作機器、産業用機械、ロ
ボット等の駆動源として使用されるサーボモータの駆動制御に関する。

【0002】

【従来の技術】

工作機械において、一つの対象物を複数台のモータで駆動する同期制御を行う
場合がある。

例えば、クランク研削盤の C 軸のように、大型のワークを 1 つのサーボモータ
で駆動するとき、加工外乱によってワークにねじれが生じる場合がある。このよ
うなワークのねじれは、加工精度に影響を与えることになる。このワークのねじ

れに対して、ワークに2つのサーボモータを配置し、両サーボモータの同期が保たれるように同期制御して、ワークのねじれを低減させている。

【0003】

この同期制御では、ワークに連結される2軸にそれぞれサーボモータを設け、各サーボモータをそれぞれのサーボ回路により制御している。各サーボ回路は、位置制御部、速度制御部、電流制御部を備え、数値制御装置側から同じ位置指令が与えられる。2つのサーボモータは、同期ずれを補正するために、各位置のフィードバック値を用いて補正量を求め、この補正量を一方のサーボ回路の位置指令に加える補正を行っている。このような従来技術として、例えば特許文献1がある。

【0004】

【特許文献1】

特開平11-305839号（段落番号0002～0005）

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

一つの対象物を複数台のモータで駆動する同期制御では、各モータが上位制御装置から同じ位置指令を受けて動作し、各モータはそれぞれの位置検出器からの位置フィードバック値が位置指令と一致するように位置制御を行っている。

この同期制御において、各モータが位置指令の位置に移動したとしても、検出器の精度が不十分であったり、機械の熱膨張の影響を受けると実位置が正しい位置に到達しない場合がある。例えば、熱膨張により位置基準となるスケール自体も変位する場合があるため、基準位置自体が不明確となる。

【0006】

このような場合に、モータ間の剛性が高いと、モータ同士が引っ張り合う現象が生じ、モータ間にストレスが生じ、モータやアンプの発熱や加工精度の低下といった問題となる。

そこで、本発明は上記した従来の課題を解決して、一つの対象物を複数台のモータで駆動し同期制御する際、モータ間に発生するストレスを低減することを目的とする。

【0007】**【課題を解決するための手段】**

本発明による同期制御装置は、各モータからの位置フィードバック値と位置指令とが一致するように位置制御することに代えて、モータ間に働く力を求め、このモータ間に働く力が減少するように制御することにより、同期制御においてモータ間に発生するストレスを低減させる。

【0008】

このために、本発明の同期制御装置は、上位制御装置あるいは上位制御部から所定サンプリング周期で送られる位置指令と位置検出器からの位置フィードバックとの位置偏差に基づいて所定周期毎に速度指令を出力する位置制御部と、速度指令と速度検出器からの速度フィードバックに基づいて所定周期毎にトルク指令を出力する速度制御部によりサーボモータを駆動制御する制御装置において、制御装置は、同じ制御対象を駆動する2つのサーボモータを同期制御し、この2つのサーボモータ間に働く力に基づいて2つのサーボモータ間に働く力を減少させる手段を備える構成とする。

【0009】

本発明の同期制御装置において、サーボモータ間に働く力を減少させる手段は、位置偏差に対して補正を施すことによりサーボモータ間に働く力を減少させる態様、あるいは位置指令に対して補正を施すことによりサーボモータ間に働く力を減少させる態様とすることができる。

位置偏差に対して補正を施す態様において、位置制御部は、位置偏差に位置偏差オフセットを加算する手段と、2つのサーボモータに働く力に基づいて位置偏差オフセットを計算する位置偏差オフセット計算処理部とを備える。

【0010】

位置偏差オフセット計算処理部は、種々の形態により構成することができる。第1の形態では、サーボモータ間に働く力をトルク指令の差分から求める。位置偏差オフセット計算処理部は、2つのサーボモータに指令されるトルク指令の差分を求め、求めた差分に第1の変換係数を乗ずることにより位置偏差オフセットを得る。トルク指令の差分は2つのサーボモータに働く力に対応し、第1の変換

係数はトルク指令の偏差を位置の偏差補正に変換する係数である。したがって、トルク指令の差分に第1の変換係数を乗ずることにより、2つのサーボモータに働く力に基づいた位置偏差オフセットが得られる。この位置偏差オフセットを位置偏差に加算することにより、サーボモータ間に働く力に基づいて位置制御を行うことができる。

【0011】

第2の形態では、サーボモータ間に働く力をサーボモータに流れる実電流のトルク成分の差分から求める。位置偏差オフセット計算処理部は、2つのサーボモータに流れる実電流のトルク成分の差分を求め、求めた差分に第2の変換係数を乗ずることにより位置偏差オフセットを得る。サーボモータに流れる実電流の差分は2つのサーボモータに働く力に対応し、第2の変換係数は実電流の偏差を位置の偏差補正に変換する係数である。したがって、実電流の差分に第2の変換係数を乗ずることにより、2つのサーボモータに働く力に基づいた位置偏差オフセットが得られる。この位置偏差オフセットを位置偏差に加算することにより、サーボモータ間に働く力に基づいた位置制御を行うことができる。

【0012】

また、他の形態では、トルク指令の差分に対する位置偏差オフセット量、あるいは実電流の差分に対する位置偏差オフセット量を予め求めておき、トルク指令の差分又は実電流の差分から対応する位置偏差オフセット量を読み出し、この位置偏差オフセットを位置偏差に加算することにより、サーボモータ間に働く力に基づいた位置制御を行う。トルク指令の差分又は実電流の差分に対する位置偏差オフセット量は、例えばテーブルの形態で設定することができる。

また、位置偏差オフセット計算処理部は、位置偏差オフセットが位置制御部の周波数帯域より十分に低い周波数で変化させるための調整手段を備える。この調整手段により、位置制御を安定化させることができる。

【0013】

位置指令に対して補正を施す態様において、位置制御部は、位置指令に位置指令オフセットを加算する手段と、2つのサーボモータに働く力に基づいて位置指令オフセットを計算する位置指令オフセット計算処理部とを備える。

位置指令オフセット計算処理部は、種々の形態により構成することができる。
第1の形態では、サーボモータ間に働く力をトルク指令の差分から求める。位置指令オフセット計算処理部は、2つのサーボモータに指令されるトルク指令の差分を求め、求めた差分に第3の変換係数を乗ずることにより位置指令オフセットを得る。トルク指令の差分は2つのサーボモータに働く力に対応し、第3の変換係数はトルク指令の偏差を指令の偏差補正に変換する係数である。したがって、トルク指令の差分に第3の変換係数を乗ずることにより、2つのサーボモータに働く力に基づいた位置指令オフセットが得られる。この位置指令オフセットを位置指令に加算することにより、サーボモータ間に働く力に基づいて位置制御を行うことができる。

【0014】

第2の形態では、サーボモータ間に働く力をサーボモータに流れる実電流のトルク成分の差分から求める。位置指令オフセット計算処理部は、2つのサーボモータに流れる実電流のトルク成分の差分を求め、求めた差分に第4の変換係数を乗ずることにより位置指令オフセットを得る。サーボモータに流れる実電流の差分は2つのサーボモータに働く力に対応し、第4の変換係数は実電流の偏差を指令の偏差補正に変換する係数である。したがって、実電流の差分に第4の変換係数を乗ずることにより、2つのサーボモータに働く力に基づいた位置指令オフセットが得られる。この位置指令オフセットを指令偏差に加算することにより、サーボモータ間に働く力に基づいた位置制御を行うことができる。

【0015】

また、位置指令に対して補正を施す態様においても、トルク指令の差分に対する位置指令オフセット量、あるいは実電流の差分に対する位置指令オフセット量を予め求めておき、トルク指令の差分又は実電流の差分から対応する位置指令オフセット量を読み出し、この位置指令オフセットを位置指令に加算することにより、サーボモータ間に働く力に基づいた位置制御を行う。トルク指令の差分又は実電流の差分に対する位置指令オフセット量は、例えばテーブルの形態で設定することができる。

【0016】

また、位置指令オフセット計算処理部は、位置指令オフセットが位置制御部の周波数帯域より十分に低い周波数で変化させるための調整手段を備える。この調整手段により、位置制御を安定化させることができる。

この同期制御装置によれば、送り軸に適用した場合、2つのモータが引っ張り合う現象が改善され、両者の電流指令が小さくなり、位置偏差も小さくなる。また、円弧補間時において、モータ間の干渉が緩和され、補間精度が向上する。

【 0 0 1 7 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。

複数のサーボモータの制御は、例えば、数値制御装置等の上位制御装置や上位制御部、共有 R A M、デジタルサーボ回路、電力増幅器、及び複数のモータから構成され、これらのモータは対象物（ワーク）に連結され、一つの駆動系を構成する。

【 0 0 1 8 】

デジタルサーボ回路のプロセッサは、上位制御装置や上位制御部から指令された位置指令を共有 R A M を介して読みとり、位置ループ処理、速度ループ処理、及び電流ループ処理を行う。位置指令から位置フィードバック値を減じて位置偏差を求め、この位置偏差にポジションゲインを乗じて位置ループ制御を行って速度指令を求め、この速度指令から速度フィードバック値を減じて速度偏差を求め、比例、積分制御等の速度ループ処理を行ってトルク指令（電流指令）を求める。さらにこのトルク指令から電流フィードバック値を減じて電流ループ処理を行い、各相の電圧指令を求めて P W M 制御等を行ってサーボモータの駆動制御を行う。

【 0 0 1 9 】

図 1 は本発明の同期制御装置の概略を説明するための概略ブロック図である。図 1 において、サーボモータ 5 A、5 B は対象物 6 を共有して結合され、同期制御装置 1 と共に駆動系を構成する。同期制御装置 1 は、サーボモータ 5 A を制御するサーボ回路部 A（位置制御部 2 A、速度制御部 3 A、電流制御部 4 A）と、サーボモータ 5 B を制御するサーボ回路部 B（位置制御部 2 B、速度制御部 3 B

、電流制御部 4 B) と、サーボモータ 5 A, 5 B 間に働く力に基づいて同期制御を行う同期補正処理部 1 0 を備える。同期補正処理部 1 0 は、位置制御部 2 A, 2 B の位置偏差あるいは位置指令を補正する。なお、同期補正処理部 1 0 は、位置制御部 2 A, 2 B のいずれか一方を補正することも、あるいは両方を補正することもできる。

【0 0 2 0】

サーボ回路部 A は、通常のサーボ回路と同様に、位置制御部 2 A, 速度制御部 3 A, 電流制御部 4 A を備え、位置制御部 2 A は上位制御装置あるいは上位制御部から位置指令を受け取って速度指令を速度制御部 3 A に送り、速度制御部 3 A は速度指令を受け取ってトルク指令（電流指令）を電流制御部 4 A に送り、電流制御部 4 A はトルク指令を受け取って電圧指令を電力増幅器（図示していない）に送る。電力増幅器は電圧指令に基づいてサーボモータ 5 A を駆動する。

【0 0 2 1】

また、サーボ回路部 B は、通常のサーボ回路と同様に、位置制御部 2 B, 速度制御部 3 B, 電流制御部 4 B を備え、位置制御部 2 B は上位制御装置あるいは上位制御部から位置指令を受け取って速度指令を速度制御部 3 B に送り、速度制御部 3 B は速度指令を受け取ってトルク指令（電流指令）を電流制御部 4 B に送り、電流制御部 4 B はトルク指令を受け取って電圧指令を電力増幅器（図示していない）に送る。電力増幅器は電圧指令に基づいてサーボモータ 5 B を駆動する。

【0 0 2 2】

同期補正処理部 1 0 は、サーボモータ 5 A とサーボモータ 5 B との間に働く力をサーボ回路部 A とサーボ回路部 B から求め、このモータ間に働く力に変換係数を乗じて得た値を、位置制御部 2 A 及び／又は位置制御部 2 B に入力する。同期補正処理部 1 0 は、サーボモータ 5 A, 5 B 間に働くストレスを緩和し、両モータの同期を合わせる働きをする。

【0 0 2 3】

同期補正処理部 1 0 は、2 つのサーボモータに指令されるトルク指令の差分、又は 2 つのサーボモータに流れる実電流の差分からモータ間に働く力を求めることができ、また、モータ間に働く力から求めた位置偏差オフセットによる位置偏

差補正、又はモータ間に働く力から求めた位置指令オフセットによる位置指令補正を行うことができる。

以下、図 2～図 6 を用いて位置偏差を補正する態様について説明し、図 7～図 11 を用いて位置指令を補正する態様について説明する。

【0024】

また、各態様において、図 2，図 7 は 2 つのサーボモータに指令されるトルク指令の差分からモータ間に働く力から求める形態を示し、図 4，図 9 は 2 つのサーボモータに流れる実電流の差分からモータ間に働く力から求める形態を示し、図 5，図 10 は、モータ間に働く力とオフセット量との関係を定めたテーブルを用いる形態を示し、図 6，図 11 は、2 つのサーボモータに補正をかける形態を示している。なお、図 3 は位置偏差を補正する態様のフローチャートであり、図 8 は位置指令を補正する態様のフローチャートである。

【0025】

はじめに、位置偏差を補正する態様について説明する。

第 1 の例は、トルク指令の差分から得た位置偏差オフセット量により位置偏差を補正する例である。図 2 は、位置偏差を補正する態様において、2 つのサーボモータに指令されるトルク指令の差分からモータ間に働く力を求める形態の構成例を示す図である。

【0026】

サーボ回路部 A は、通常のサーボ回路と同様に、位置制御部 2 A，速度制御部 3 A，電流制御部 4 A を備える。位置制御部 2 A は上位制御装置あるいは上位制御部から位置指令を受け取り、位置指令から位置フィードバックを減算して位置偏差を求め、ポジションゲインを乗じて得た速度指令を速度制御部 3 A に送る。

【0027】

速度制御部 3 A は速度指令を受け取り、速度指令から速度フィードバックを減じて得たトルク指令（電流指令）を電流制御部 4 A に送る。電流制御部 4 A はトルク指令を受け取って電圧指令を電力増幅器（図示していない）に送り、電力増幅器は電圧指令に基づいてサーボモータ 5 A を駆動する。

【0028】

サーボモータ 5 A は、図示しないエンコーダ等により速度を検出し、速度制御部 3 A に速度フィードバックする。なお、位置フィードバックは、速度フィードバックを積分して求めることも、あるいは、サーボモータ 5 A に設けたエンコーダにより位置を検出して得ることもできる。

【0029】

また、サーボ回路部 B は、通常のサーボ回路と同様に、位置制御部 2 B、速度制御部 3 B、電流制御部 4 B を備える。位置制御部 2 B は上位制御装置あるいは上位制御部から位置指令を受け取り、位置指令から位置フィードバックを減算して位置偏差を求め、ポジションゲインを乗じて得た速度指令を速度制御部 3 B に送る。

【0030】

速度制御部 3 B は速度指令を受け取り、速度指令から速度フィードバックを減じて得たトルク指令（電流指令）を電流制御部 4 B に送る。電流制御部 4 B はトルク指令を受け取って電圧指令を電力増幅器（図示していない）に送り、電力増幅器は電圧指令に基づいてサーボモータ 5 B を駆動する。

【0031】

サーボモータ 5 B は、図示しないエンコーダ等により速度を検出し、速度制御部 3 B に速度フィードバックする。なお、位置フィードバックは、速度フィードバックを積分して求めることも、あるいは、サーボモータ 5 B に設けたエンコーダにより位置を検出して得ることもできる。

【0032】

同期補正処理部 10 は、フィルタ 10 a と位置偏差オフセット量を計算する手段 10 b と、位置偏差オフセット量を制限するリミット手段 10 c を備え、2つのサーボモータに指令されるトルク指令の差分からモータ間に働く力を求め、位置偏差オフセット量を求め、サーボ回路部 B の位置偏差に加えて位置偏差を補正する。同期補正処理部 10 には、速度制御部 3 A からのトルク指令と、速度制御部 3 B からのトルク指令との差分を入力する。

【0033】

フィルタ 10 a は、位置制御部 2 A の周波数帯域よりも低い周波数で補正を行

うために、入力したトルク指令の差分の低周波数成分を抽出する。フィルタ 10 a は、例えばローパスフィルタで構成することができる。

位置偏差オフセット量を計算する手段 10 b は、トルク指令の偏差（差分）に第 1 の変換係数 K_1 を乗じることにより位置偏差オフセット量を求める。第 1 の変換係数 K_1 は、トルク指令の偏差（差分）を位置の偏差補正に変換する係数である。

【0034】

位置偏差オフセット量を制限するリミット手段 10 c は、位置偏差オフセット量を計算する手段 10 b で求めた位置偏差オフセット量が大きくなりすぎないように制限を加える。リミット値は、予め設定しておく。

同期補正処理部 10 で得られた位置偏差オフセット量は、サーボ回路部 B の位置制御部 2 B の位置偏差に加えられる。なお、位置偏差オフセット量は、サーボ回路部 B の位置制御部 2 B の位置偏差に限らず、サーボ回路部 A の位置制御部 2 A の位置偏差に加えるようにしてもよい。

【0035】

サーボモータ 5 A とサーボモータ 5 B との間に生じる物理的な干渉は、同期補正処理部 10 による位置偏差の補正により減少される。

図 3 に示すフローチャートは、同期補正処理部が行う位置偏差オフセットの計算処理を示しており、図 2 に示すトルク指令の差分から位置偏差オフセットを求める例について示している。

【0036】

同期補正処理部において、補正機能が有効である場合には（ステップ S 1）、モータ回路 A のトルク指令（TCMD 1）とモータ回路 B のトルク指令（TCMD 2）を取り込み、その偏差 ΔT （ $= \text{TCMD 1} - \text{TCMD 2}$ ）を計算する（ステップ S 2）。

【0037】

フィルタ 10 a は、フィルタ処理によって求めた偏差 ΔT から低周波成分 F_{out} （ $= \text{FILTER}(\Delta T)$ ）を抽出する。なお、 $\text{FILTER}(\Delta T)$ はフィルタ処理を表しており、所望のフィルタ特性を設定することができる（ステップ

S 3)。

位置偏差オフセット量を計算する手段 10 b は、フィルタ処理したトルク指令の偏差出力 F_{out} に第 1 の変換係数 K_1 を乗じて、位置偏差オフセット量 E_{offset} を計算する。

【0038】

トルク指令の差分に第 1 の変換係数 K_1 を乗ずることにより、2 つのサーボモータに働く力に基づいた位置偏差オフセットが得られる (ステップ S 4)。求めた位置偏差オフセット量 E_{offset} が制限値を越えないようにリミットをかける。リミット値は、モータの駆動系に応じて設定することができる (ステップ S 5)。

。

【0039】

求めた位置偏差オフセット量を位置制御部の位置偏差に加算し、位置偏差 E_r ($= E_r + E_{offset}$) を求める。この位置偏差オフセットを位置偏差に加算することにより、サーボモータ間に働く力に基づいて位置制御を行うことができる (ステップ S 6)。

【0040】

位置制御部 2 B は、補正された位置偏差 E_r にポジションゲイン K_p を乗じて速度指令 V_{CMD} ($= K_p \times E_r$) を計算し、速度制御 3 B に送る (ステップ S 7)。

第 2 の例は、実電流の差分から得た位置偏差オフセット量により位置偏差を補正する例である。図 4 は、位置偏差を補正する態様において、2 つのサーボモータに流れる実電流の差分からモータ間に働く力を求める形態の構成例を示す図である。

サーボ回路部 A 及びサーボ回路部 B の構成は、図 2 と同様とすることができるため、ここでの説明は省略する。

【0041】

同期補正処理部 10 は、フィルタ 10 a と位置偏差オフセット量を計算する手段 10 b と、位置偏差オフセット量を制限するリミット手段 10 c を備え、2 つのサーボモータに流れる実電流の差分からモータ間に働く力を求め、位置偏差オ

フセット量を求め、サーボ回路部 B の位置偏差に加えて位置偏差を補正する。同期補正処理部 10 には、電流制御部 4 A からの実電流と、電流制御部 4 B からの実電流との差分を入力する。

【0042】

フィルタ 10 a は、位置制御部 2 A の周波数帯域よりも低い周波数で補正を行うために、入力したトルク指令の差分の低周波数成分を抽出する。フィルタ 10 a は、例えばローパスフィルタで構成することができる。

位置偏差オフセット量を計算する手段 10 b は、実電流の偏差（差分）に第 2 の変換係数 K_2 を乗じることにより位置偏差オフセット量を求める。第 2 の変換係数 K_2 は、実電流の偏差（差分）を位置の偏差補正に変換する係数である。

【0043】

位置偏差オフセット量を制限するリミット手段 10 c は、位置偏差オフセット量を計算する手段 10 b で求めた位置偏差オフセット量が大きくなりすぎないように制限を加える。リミット値は予め設定しておく。

同期補正処理部 10 で得られた位置偏差オフセット量は、サーボ回路部 B の位置制御部 2 B の位置偏差に加えられる。なお、位置偏差オフセット量は、サーボ回路部 B の位置制御部 2 B の位置偏差に限らず、サーボ回路部 B の位置制御部 2 B の位置偏差に加えるようにしてもよい。

【0044】

サーボモータ 5 A とサーボモータ 5 B との間に生じる物理的な干渉は、同期補正処理部 10 による位置偏差の補正により減少される。

なお、図 4 に示す構成の同期補正処理部が行う位置偏差オフセットの計算処理は、図 3 のフローチャートにおいて、トルク指令を実電流とし、変換係数 K を第 2 の変換係数 K_2 とすることにより、ほぼ同様に行うことができる。

【0045】

第 3 の例は、トルク偏差と位置偏差オフセットのテーブルを用いて位置偏差を補正する例である。図 5 は、位置偏差を補正する態様において、モータ間に働く力とオフセット量との関係を定めたテーブルを用いる形態の構成例を示す図である。

サーボ回路部 A 及びサーボ回路部 B の構成は、図 2, 4 と同様とすることができ、ここでの説明は省略する。

【0046】

同期補正処理部 10 は、トルク偏差と位置偏差オフセット量との関係をテーブル等により保存しておき、トルク指令の差分（偏差）を入力し、対応する位置偏差オフセット量を出力する。トルク偏差と位置偏差オフセット量との関係は、図 2 の構成等により予め求めて記録手段に記録しておく。記録手段は、入力したトルク偏差に対応する位置偏差オフセット量を出力する。

【0047】

同期補正処理部 10 で得られた位置偏差オフセット量は、サーボ回路部 B の位置制御部 2 B の位置偏差に加えられる。なお、位置偏差オフセット量は、サーボ回路部 B の位置制御部 2 B の位置偏差に限らず、サーボ回路部 A の位置制御部 2 A の位置偏差に加えるようにしてもよい。

また、図 5 に示す例ではトルク偏差と位置偏差オフセット量との関係を格納しているが、実電流偏差と位置偏差オフセット量との関係を格納しておき、実電流の差分を入力して位置偏差オフセット量を出力する構成とすることもできる。

【0048】

また、図 2 ～図 5 で示した構成例では、同期補正処理部 10 から出力される位置偏差オフセット量を、一方のサーボ回路の位置制御部の位置偏差に加えているが、両方のサーボ回路の位置制御部の位置偏差に加えるようにしてもよい。図 6 は、第 4 の例であり、両方のサーボ回路の位置制御部の位置偏差に位置偏差オフセット量を加える構成例を示している。

【0049】

なお、サーボ回路部 A 及びサーボ回路部 B の位置制御部 2 A, 2 B の位置偏差に位置偏差オフセット量を加える構成以外は、図 2 に示した構成と同様であるので、ここでの説明は省略する。

次に、位置指令を補正する態様について説明する。

第 5 の例は、トルク指令の差分から得た位置処理オフセット量により位置指令を補正する例である。図 7 は、位置指令を補正する態様において、2 つのサーボ

モータに指令されるトルク指令の差分からモータ間に働く力を求める形態の構成例を示す図である。

【0050】

サーボ回路部A、サーボ回路部B、及び同期補正処理部10の構成は、図2と同様とすることができるため、ここでの説明は省略する。

同期補正処理部10は、フィルタと位置指令オフセット量を計算する手段と、位置指令オフセット量を制限するリミット手段を備え、2つのサーボモータに指令されるトルク指令の差分からモータ間に働く力を求め、位置指令オフセット量を求め、サーボ回路部Bの位置指令に加えて位置指令を補正する。同期補正処理部10には、速度制御部3Aからのトルク指令と、速度制御部3Bからのトルク指令との差分を入力する。

【0051】

フィルタは、位置制御部2Aの周波数帯域よりも低い周波数で補正を行うために、入力したトルク指令の差分の低周波数成分を抽出する。フィルタは、例えばローパスフィルタで構成することができる。

位置指令オフセット量を計算する手段は、トルク指令の偏差（差分）に第3の変換係数K3を乗じることにより位置指令オフセット量を求める。第3の変換係数K3は、トルク指令の偏差（差分）を指令の偏差補正に変換する係数である。

【0052】

位置指令オフセット量を制限するリミット手段は、位置指令オフセット量を計算する手段で求めた位置指令オフセット量が大きくなりすぎないように制限を加える。リミット値は、予め設定しておく。

同期補正処理部10で得られた位置指令オフセット量は、サーボ回路部Bの位置制御部2Bの位置指令に加えられる。なお、位置指令オフセット量は、サーボ回路部Bの位置制御部2Bの位置指令に限らず、サーボ回路部Aの位置制御部2Aの位置指令に加えるようにしてもよい。

【0053】

サーボモータ5Aとサーボモータ5Bとの間に生じる物理的な干渉は、同期補正処理部10による位置指令の補正により減少される。

図 8 に示すフローチャートは、同期補正処理部が行う位置指令オフセットの計算処理を示しており、図 7 に示すトルク指令の差分から位置指令オフセットを求める例について示している。

【0054】

同期補正処理部において、補正機能が有効である場合には（ステップ S 1 1）、モータ回路 A のトルク指令（TCMD 1）とモータ回路 B のトルク指令（TCMD 2）を取り込み、その偏差 ΔT （ $= TCMD 1 - TCMD 2$ ）を計算する（ステップ S 1 2）。

フィルタは、フィルタ処理によって求めた偏差 ΔT から低周波成分 F_{out} （ $= FILTER(\Delta T)$ ）を抽出する。なお、 $FILTER(\Delta T)$ はフィルタ処理を表しており、所望のフィルタ特性を設定することができる（ステップ S 1 3）。

【0055】

位置指令オフセット量を計算する手段は、フィルタ処理したトルク指令の偏差出力 F_{out} に第 3 の変換係数 $K 3$ を乗じて、位置指令オフセット量 P_{offset} を計算する。

トルク指令の差分に第 3 の変換係数 $K 3$ を乗ずることにより、2 つのサーボモータに働く力に基づいた位置指令オフセットが得られる（ステップ S 1 4）。求めた位置指令オフセット量 P_{offset} が制限値を越えないようにリミットをかける。リミット値は、モータの駆動系に応じて設定することができる（ステップ S 1 5）。

【0056】

求めた位置指令オフセット量を位置制御部の位置指令に加算し、位置指令 $MCMD$ （ $= MCMD + P_{offset}$ ）を求める。この位置指令オフセット P_{offset} を位置指令 $MCMD$ に加算することにより、サーボモータ間に働く力に基づいて位置制御を行うことができる（ステップ S 1 6）。

位置制御部 2 B は、補正された位置指令 $MCMD$ から位置フィードバックを減産して得た位置偏差 E_r にポジションゲイン K_p を乗じて速度指令 $VCMD$ （ $= K_p \times E_r$ ）を計算し、速度制御部 3 B に送る。

【0057】

第6の例は、実電流の差分から得た位置指令オフセット量により位置指令を補正する例である。図9は、位置指令を補正する態様において、2つのサーボモータに流れる実電流の差分からモータ間に働く力を求める形態の構成例を示す図である。

サーボ回路部A、サーボ回路部B、及び同期補正処理部10の構成は、図2、4と同様とすることができるため、ここでの説明は省略する。

同期補正処理部10は、フィルタと位置指令オフセット量を計算する手段と、位置指令オフセット量を制限するリミット手段を備え、2つのサーボモータに流れる実電流の差分からモータ間に働く力を求め、位置指令オフセット量を求め、サーボ回路部Bの位置指令に加えて位置指令を補正する。同期補正処理部10には、電流制御部4Aからの実電流と、電流制御部4Bからの実電流との差分を入力する。

【0058】

フィルタは、位置制御部2Aの周波数帯域よりも低い周波数で補正を行うために、入力した実電流の差分の低周波数成分を抽出する。フィルタは、例えばローパスフィルタで構成することができる。

位置指令オフセット量を計算する手段は、実電流の偏差（差分）に第4の変換係数 K_4 を乗じることにより位置指令オフセット量を求める。第4の変換係数 K_4 は、実電流の偏差（差分）を指令の偏差補正に変換する係数である。

【0059】

位置指令オフセット量を制限するリミット手段は、位置指令オフセット量を計算する手段で求めた位置指令オフセット量が大きくなりすぎないように制限を加える。リミット値は、予め設定しておく。

同期補正処理部10で得られた位置指令オフセット量は、サーボ回路部Bの位置制御部2Bの位置指令に加えられる。なお、位置指令オフセット量は、サーボ回路部Bの位置制御部2Bの位置指令に限らず、サーボ回路部Aの位置制御部2Aの位置指令に加えるようにしてもよい。

【0060】

サーボモータ 5 A とサーボモータ 5 B との間に生じる物理的な干渉は、同期補正処理部 10 による位置指令の補正により減少される。

第 7 の例は、トルク偏差と位置指令オフセットのテーブルを用いて位置指令を補正する例である。図 10 は、位置指令を補正する態様において、モータ間に働く力とオフセット量との関係を定めたテーブルを用いる形態の構成例を示す図である。

サーボ回路部 A 及びサーボ回路部 B の構成は、図 5 と同様とすることができるため、ここでの説明は省略する。

【0061】

同期補正処理部 10 は、トルク偏差と位置指令オフセット量との関係をテーブル等により保存しておき、トルク指令の差分（偏差）を入力し、対応する位置指令オフセット量を出力する。トルク偏差と位置指令オフセット量との関係は、図 9 の構成等により予め求めて記録手段に記録しておく。記録手段は、入力したトルク偏差に対応する位置指令オフセット量を出力する。

同期補正処理部 10 で得られた位置指令オフセット量は、サーボ回路部 B の位置制御部 2 B の位置指令に加えられる。なお、位置指令オフセット量は、サーボ回路部 B の位置制御部 2 B の位置偏差に限らず、サーボ回路部 A の位置制御部 2 A の位置偏差に加えるようにしてもよい。

【0062】

また、図 10 に示す例ではトルク偏差と位置指令オフセット量との関係を格納しているが、実電流偏差と位置指令オフセット量との関係を格納しておき、実電流の差分を入力して位置指令オフセット量を出力する構成とすることもできる。

また、図 7 ～図 10 で示した構成例では、同期補正処理部 10 から出力される位置指令オフセット量を、一方のサーボ回路の位置制御部に位置指令に加えているが、両方のサーボ回路の位置制御部の位置指令に加えるようにしてもよい。図 11 は第 8 の例であり、両方のサーボ回路の位置制御部の位置指令に位置指令オフセット量を加える構成例を示している。

なお、サーボ回路部 A 及びサーボ回路部 B の位置制御部 2 A, 2 B の位置指令に位置指令オフセット量を加える構成以外は、図 7 に示した構成と同様であるの

で、ここでの説明は省略する。

【0063】

図12は、本発明による同期制御と従来の同期制御とを比較する図である。従来の同期制御では、位置指令と位置検出器で検出した位置フィードバックとを一致させる制御を行う。この制御は各モータ毎に行うため、両モータの位置に位置検出器の誤差や熱膨張によってずれが生じた場合には、この位置ずれにより、一方のモータ1には引く方向に力が発生し、他方のモータ2には押す方向の力が発生する。この反対方向の力により、両モータにはストレスが加わることになる。

【0064】

これに対して、本発明の同期制御では、各モータからの位置フィードバック値が位置指令とが一致するように位置制御することに代えて、モータ間に働く力を求め、このモータ間に働く力が減少するように制御する。この制御によれば、両モータの位置に位置検出器の誤差や熱膨張によってずれが生じた場合にも、両モータに働く力を低減させるように制御するため、両モータに加わるストレスを低減させることができる。

【0065】

図13はモータ送り時における位置偏差と電流指令との関係を示している。図13(a)は本発明の同期制御の適用前の状態を示し、図13(b)は本発明の同期制御の適用後の状態を示している。

図13(a)によれば、2つのモータが引っ張りあうため、両モータの電流指令が大きくなる。一方、図13(b)によれば、2つのモータが引っ張りあう現象が改善され、両モータの電流指令が小さくなる。また、位置偏差も小さくなる。なお、図13では、モータによる移動中の状態と停止中の状態を示している。

【0066】

図14は円弧補正時における位置偏差を示している。図14(a)は本発明の同期制御の適用前の状態を示し、図14(b)は本発明の同期制御の適用後の状態を示している。

図14(a)によれば、2つのモータが干渉しながら動くため、精度が低下する。一方、図14(b)によれば、2つのモータが干渉が緩和されるため、精度

が向上される。

【 0 0 6 7 】

【発明の効果】

本発明は、一つの対象物を複数台のモータで駆動し同期制御する際、モータ間に発生するストレスを低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の同期制御装置の概略を説明するための概略ブロック図である。

【図 2】

トルク指令の差分から得られる位置偏差オフセットにより位置偏差を補正する構成例を示す図である。

【図 3】

本発明の位置偏差を補正する態様のフローチャートである。

【図 4】

実電流の差分から得られる位置偏差オフセットにより位置偏差を補正する構成例を示す図である。

【図 5】

トルク偏差と位置偏差オフセットのテーブルにより位置偏差を補正する構成例を示す図である。

【図 6】

2つのモータに対して位置偏差補正を行う構成例を示す図である。

【図 7】

トルク指令の差分から得られる位置指令オフセットにより位置指令を補正する構成例を示す図である。

【図 8】

本発明の位置指令を補正する態様のフローチャートである。

【図 9】

実電流の差分から得られる位置指令オフセットにより位置指令を補正する構成例を示す図である。

【図 10】

トルク偏差と位置指令差オフセットのテーブルにより位置指令を補正する構成例を示す図である。

【図 11】

2つのモータに対して位置指令補正を行う構成例を示す図である。

【図 12】

本発明による同期制御と従来の同期制御とを比較する図である。

【図 13】

モータ送り時における位置偏差と電流指令との関係を示す図である。

【図 14】

円弧補正時における位置偏差を示す図である。

【符号の説明】

1 同期制御装置

2 A, 2 B 位置制御部

3 A, 3 B 速度制御部

4 A, 4 B 電流制御部

5 A, 5 B サーボモータ

6 対象物（ワーク）

A, B サーボ回路部

10 同期補正処理部

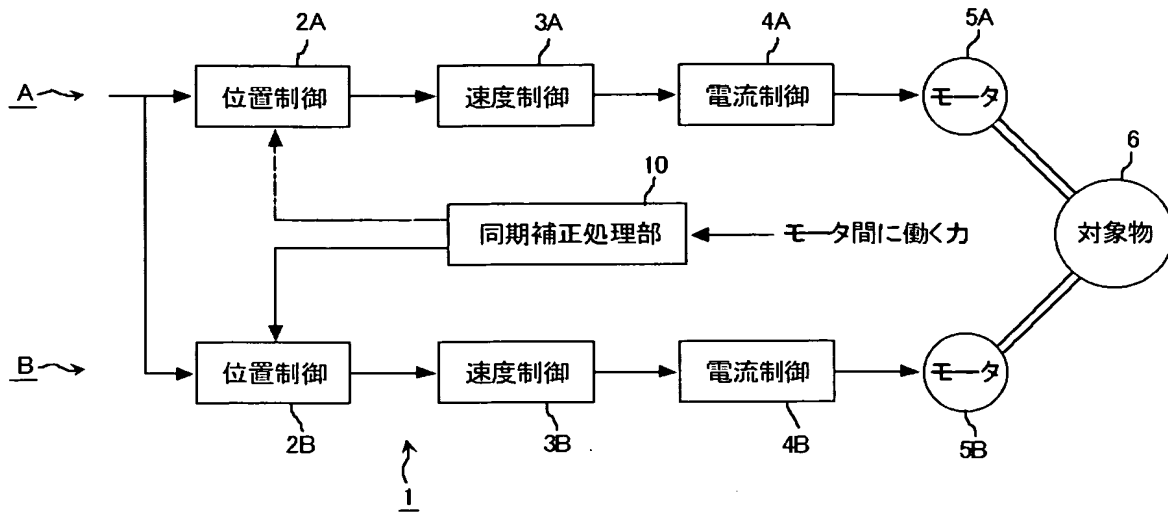
10 a フィルタ

10 b 位置偏差オフセット量を計算する手段

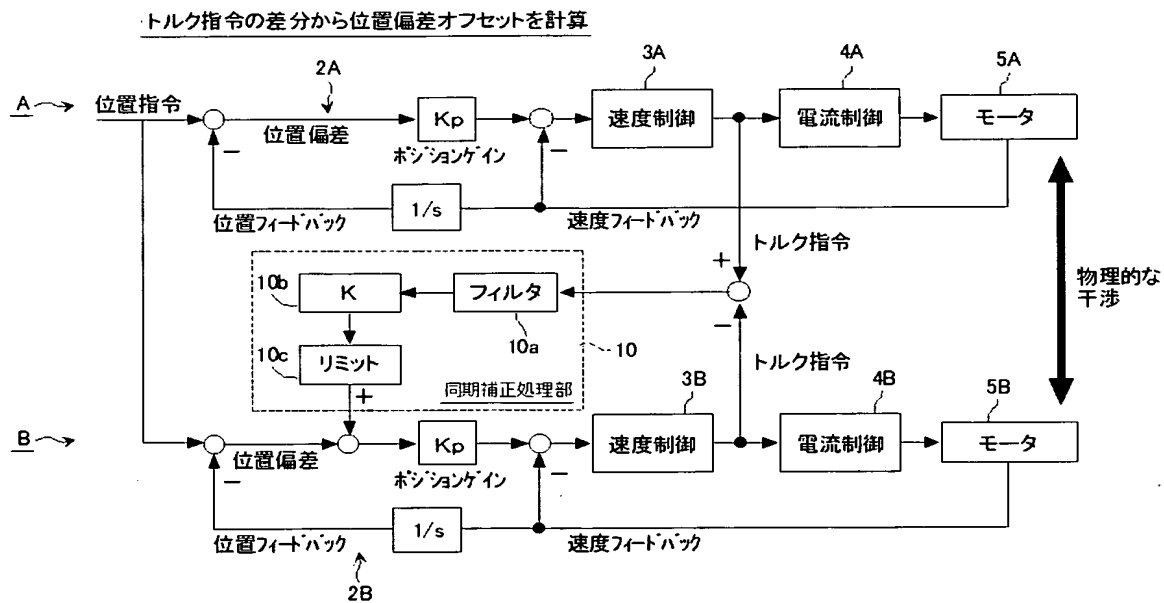
10 c 位置偏差オフセット量を制限するリミット手段

【書類名】 図面

【図 1】

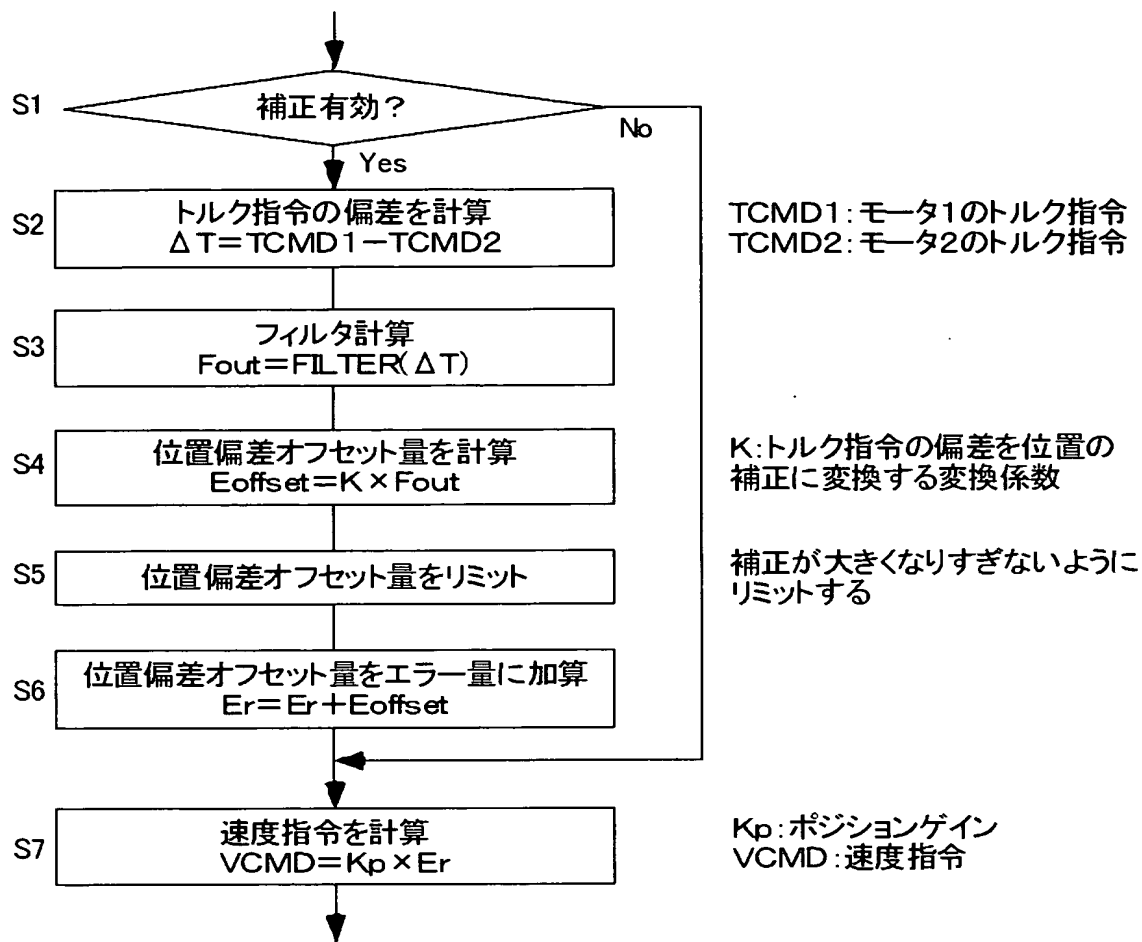


【図 2】



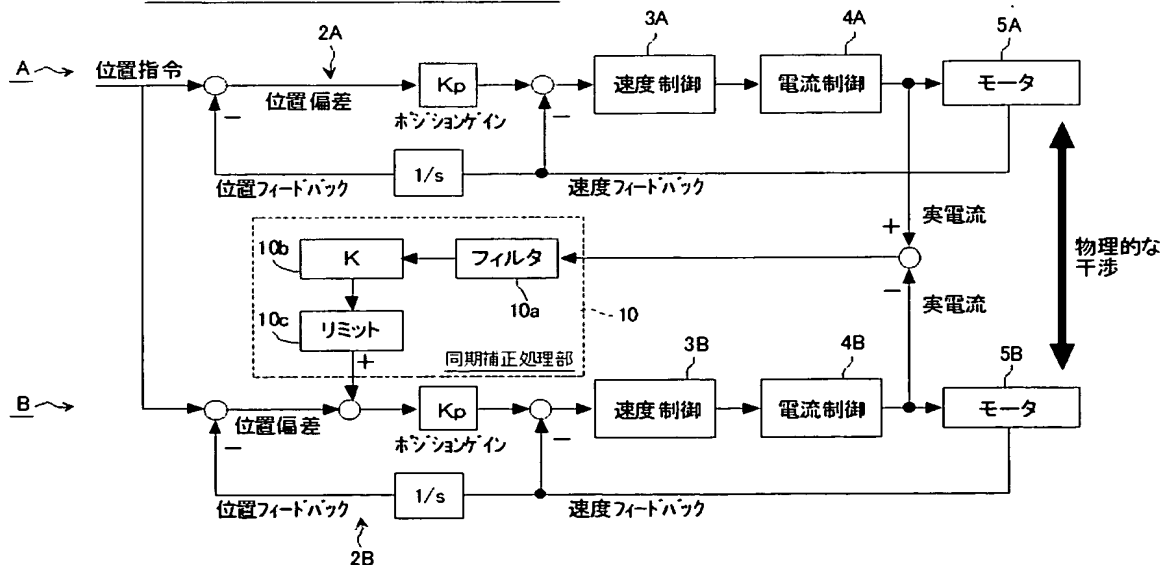
【図 3】

位置偏差オフセットの計算処理

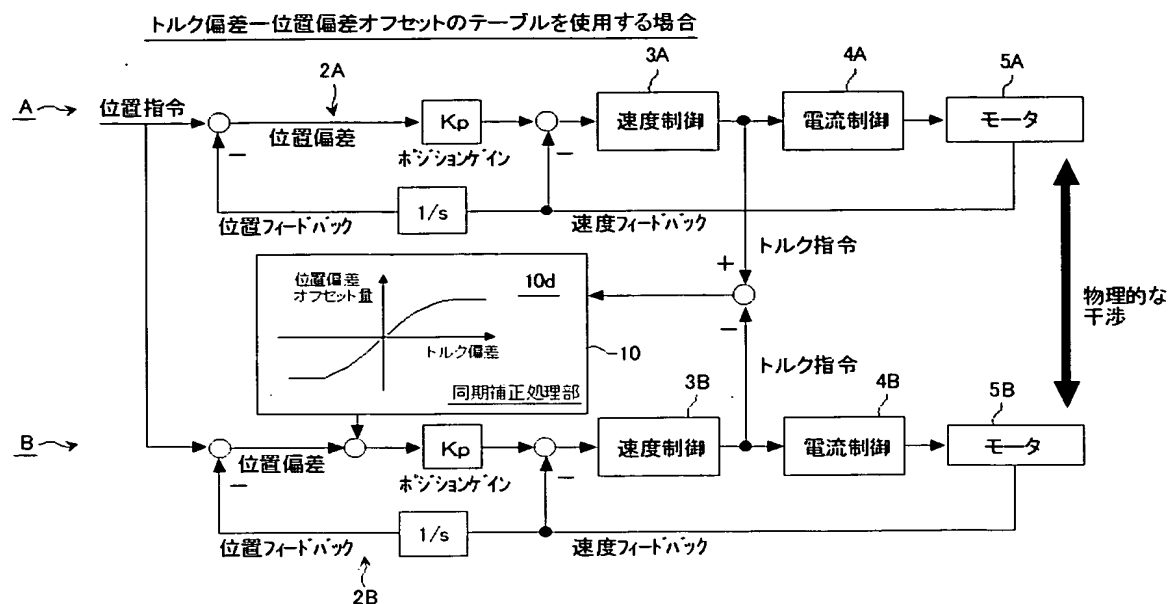


【図 4】

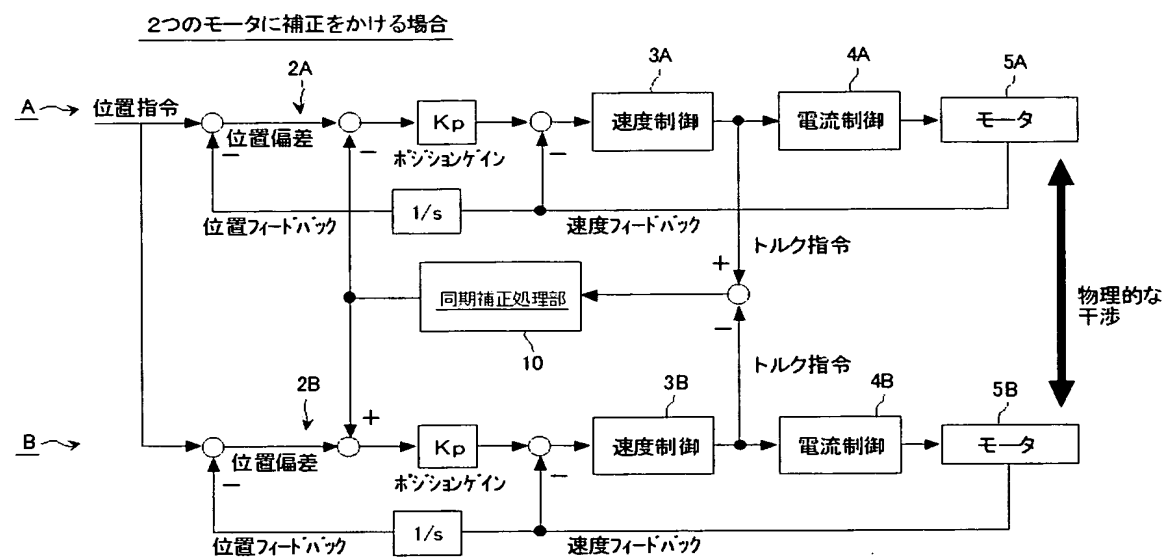
実電流の差分から位置偏差オフセットを計算



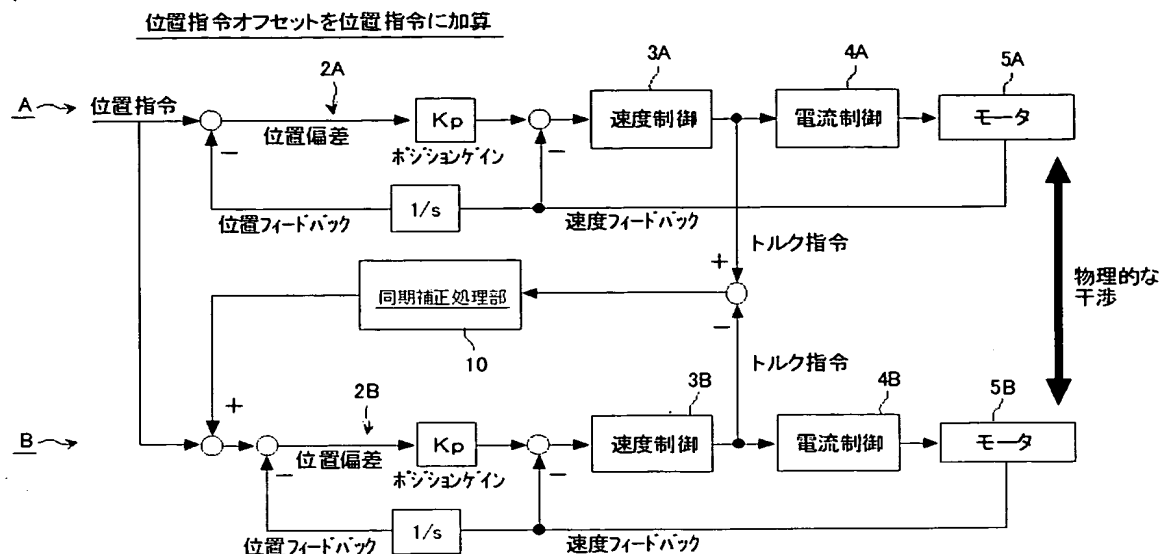
【図 5】



【図 6】

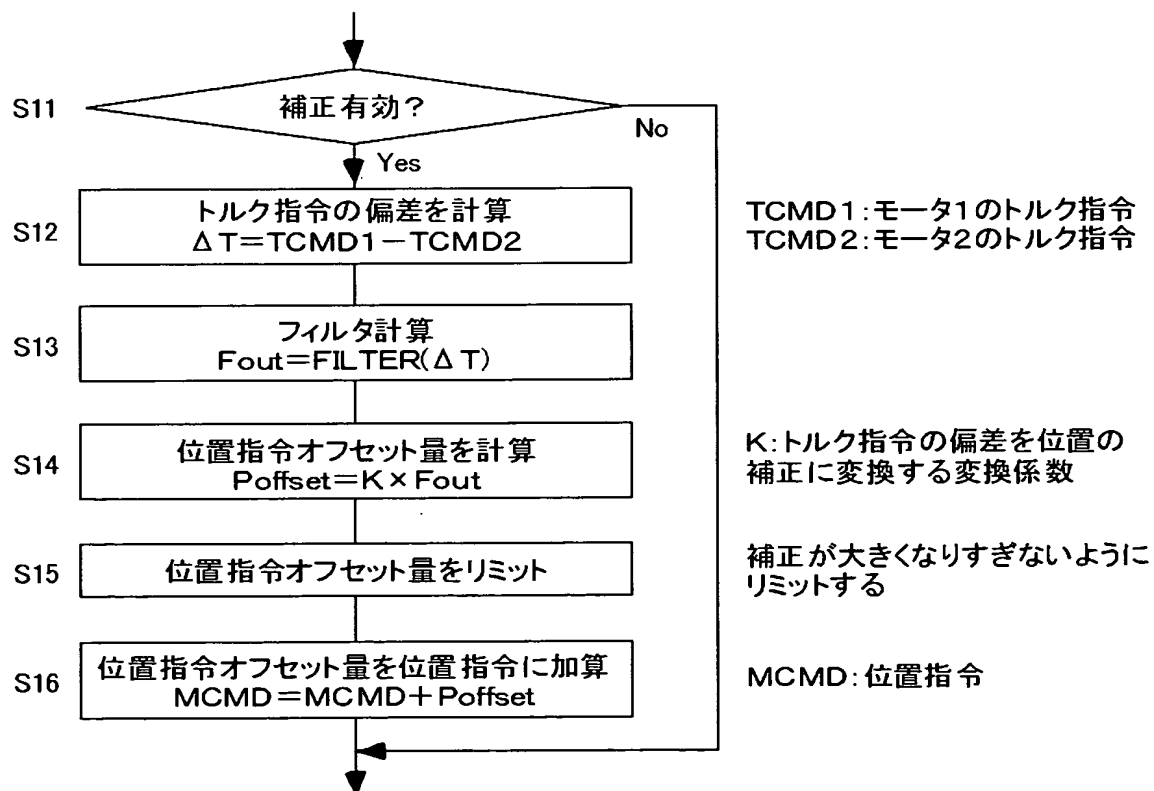


【図 7】



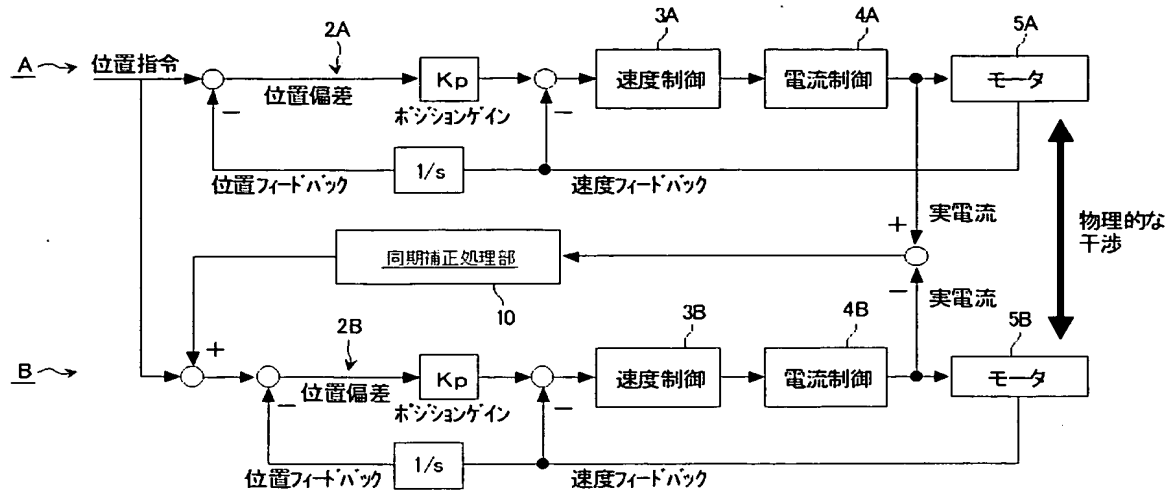
【図 8】

位置指令オフセットの計算処理



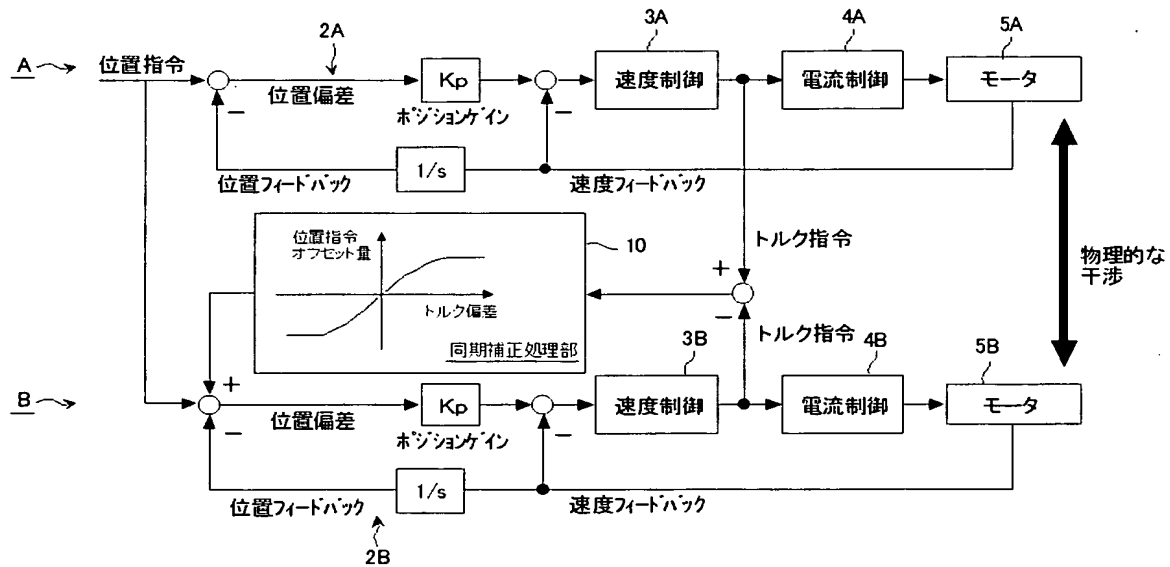
【図 9】

実電流の差分から位置指令オフセットを計算

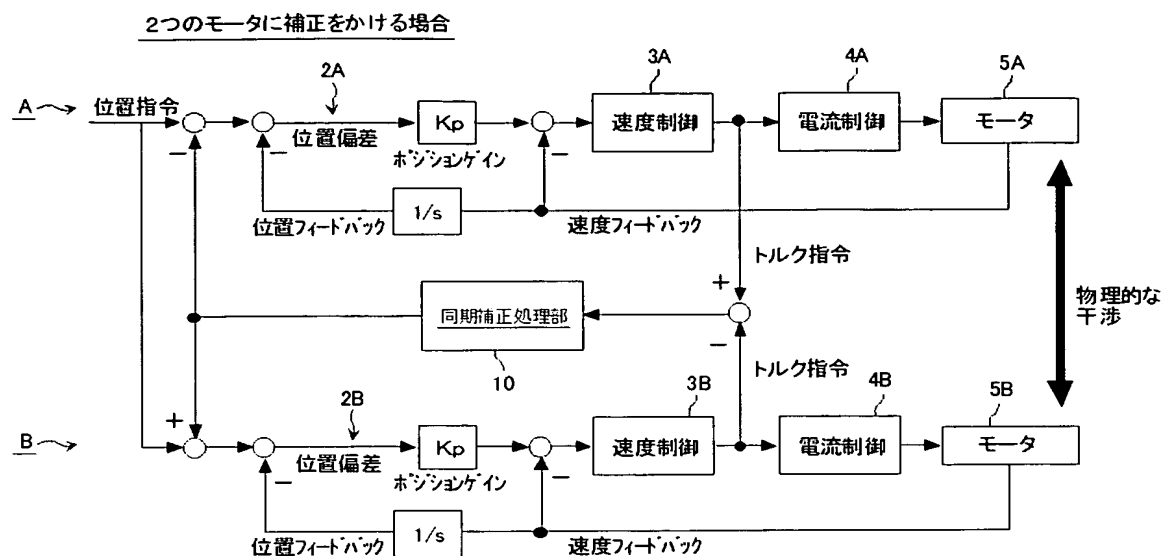


【図 10】

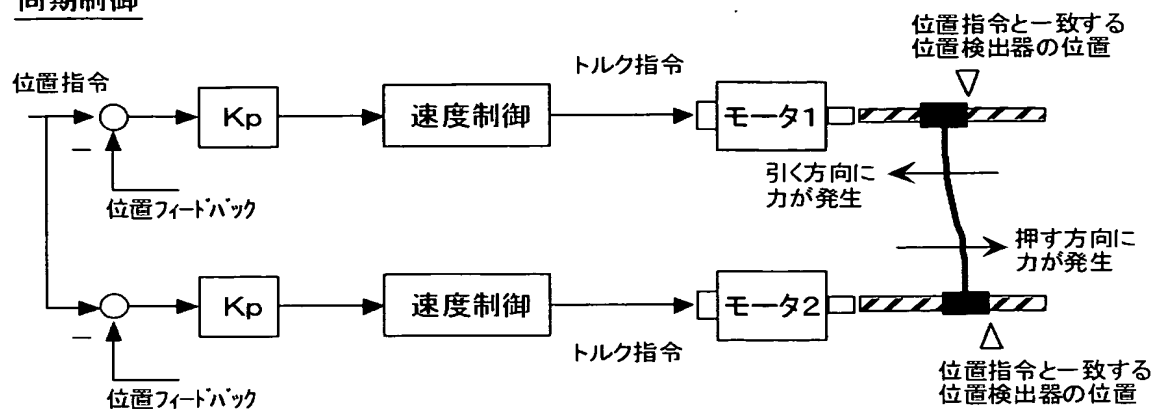
トルク偏差—位置指令オフセットのテーブルを使用する場合



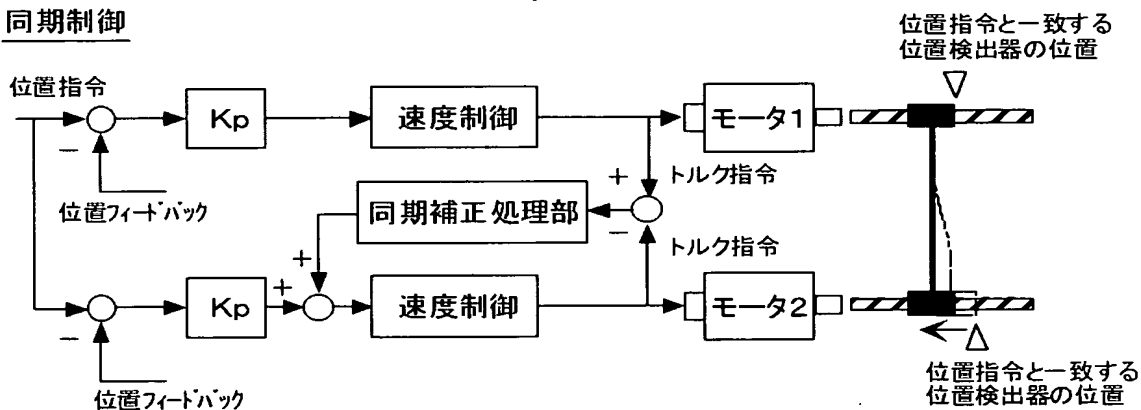
【図 11】



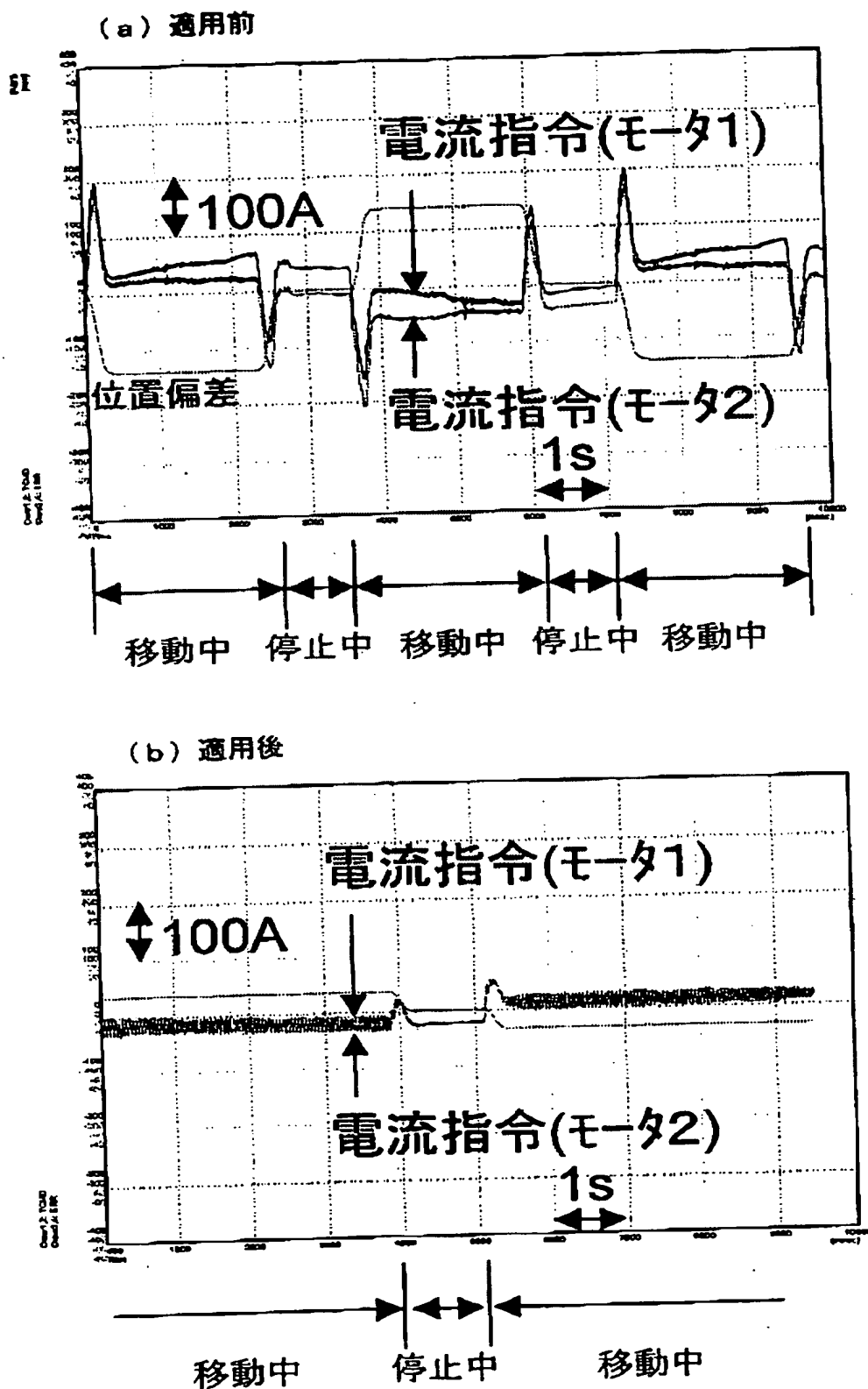
【図 12】

トルク指令の差から一方のモータ位置を補正同期制御

↓
本発明適用後

同期制御

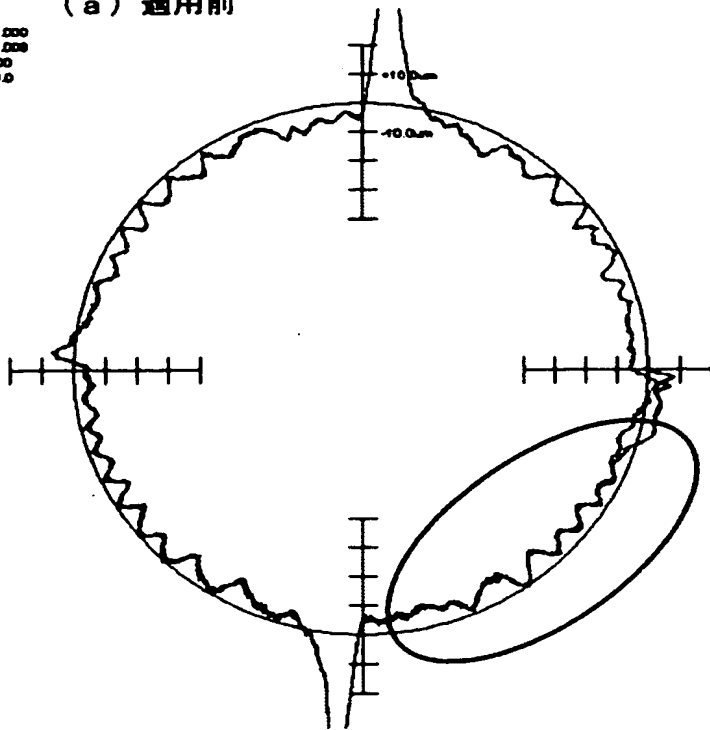
【図13】



【図 14】

(a) 適用前

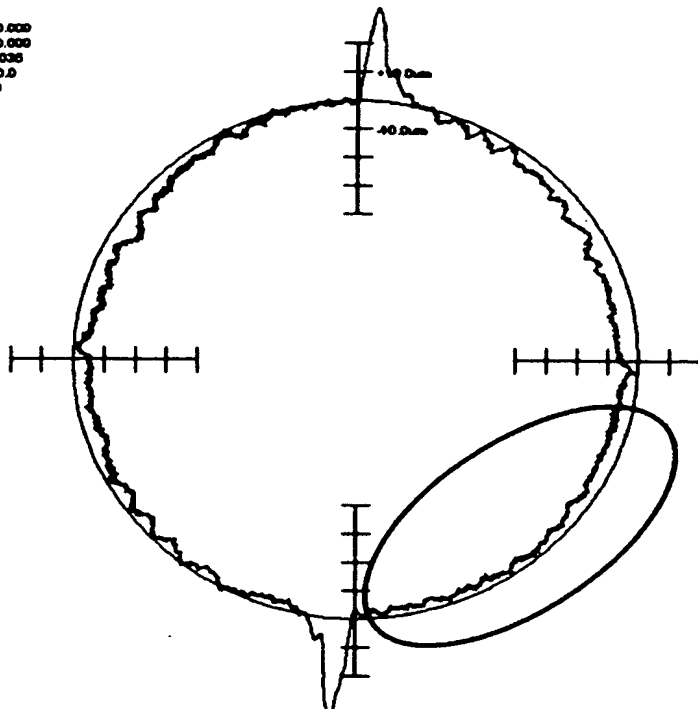
R: 100.000
X: 400.000
Y: 0.000
Q: 100.0
Z: 1.0



(b) 適用後

circle XY F10000 R 100 LAST SETTING 13.00

R: 100.000
X: 400.000
Y: 0.0000
Q: 100.0
Z: 1.0



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 一つの対象物を複数台のモータで駆動し同期制御する際、モータ間に発生するストレスを低減すること。

【解決手段】 各モータからの位置フィードバック値が位置指令とが一致するように位置制御することに代えて、モータ間に働く力を求め、このモータ間に働く力が減少するように制御することにより、同期制御においてモータ間に発生するストレスを低減させる。同期制御装置 1 は、位置指令と位置検出器からの位置フィードバックとの位置偏差に基づいて所定周期毎に速度指令を出力する位置制御部 2 と、速度指令と速度検出器からの速度フィードバックとに基づいて所定周期毎にトルク指令を出力する速度制御部 3 によりサーボモータを駆動制御する制御装置であって、同じ制御対象を駆動する 2 つのサーボモータ 5 を同期制御し、この 2 つのサーボモータ間に働く力に基づいて 2 つのサーボモータ間に働く力を減少させる手段 10 を備える。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

| | |
|---------|--------------------------|
| 特許出願の番号 | 特願 2 0 0 3 - 0 5 6 9 2 2 |
| 受付番号 | 5 0 3 0 0 3 4 8 2 6 8 |
| 書類名 | 特許願 |
| 担当官 | 第三担当上席 0 0 9 2 |
| 作成日 | 平成 1 5 年 3 月 5 日 |

< 認定情報・付加情報 >

| | |
|-------|-------------|
| 【提出日】 | 平成15年 3月 4日 |
|-------|-------------|

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 5 6 9 2 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [3 9 0 0 0 8 2 3 5]

| | |
|----------|-----------------------------|
| 1. 変更年月日 | 1 9 9 0 年 1 0 月 2 4 日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 |
| 氏 名 | ファナック株式会社 |